

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-255580

(43)Date of publication of application : 01.10.1996

⇒ granted as  
JP 2923462-B

(51)Int.Cl.

H01J 29/38

H01J 1/34

H01J 31/50

H01J 40/06

(21)Application number : 07-316832

(71)Applicant : HAMAMATSU PHOTONICS KK

(22)Date of filing : 05.12.1995

(72)Inventor : ARAGAKI MINORU  
HIROHATA TORU  
SUZUKI TOMOKO  
YAMADA MASAMI

(30)Priority

Priority number : 06318182  
95 507985Priority date : 21.12.1994  
27.07.1995

Priority country : JP

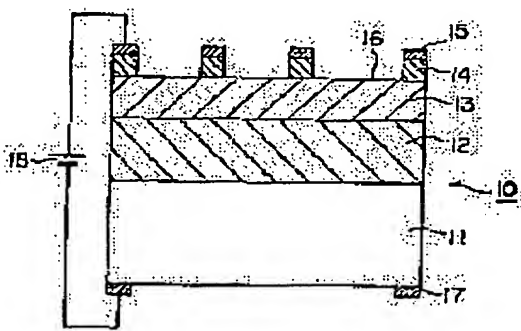
US

## (54) PHOTOCATHODE AND ELECTRONIC TUBE

(57)Abstract:

PURPOSE: To improve photoelectric conversion efficiency by biasing voltage across a surface electrode of ohmic contact and a rear electrode, and applying inverse bias to a P-N junction between a contact layer and an electron emission layer.

CONSTITUTION: A p- type light absorbing layer 12 is formed on a p+ type semiconductor substrate 11, and a p- type electron emission layer 13 of a III-V group compound semiconductor material is formed on the layer 12. Also, an n+ type contact layer 14 of a compound semiconductor material of the same group forming a P-N junction with the layer 13 is formed thereon. Furthermore, a surface electrode 15 in ohmic contact with the layer 14 is formed thereon. In this structure, bias voltage is applied across an electrode 15 and a reverse electrode 17 via a battery 18. As a result, inverse bias is applied to the P-N junction between the layers 14 and 13. Thus, a depletion layer is extended to a photoelectron emission surface, and electrical field is formed in the layers 13 and 12 in a direction for accelerating photoelectrons.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

17.12.1996

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

第2923462号

(45) 発行日 平成11年(1999) 7 月26日

(24) 登録日 平成11年(1999) 4 月30日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 1 J 1/34

H 0 1 J 1/34

C

請求項の数10(全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平7-316832

(22) 出願日 平成 7 年(1995) 12 月 5 日

Patent Application Laid-Open No.  
(65) 公開番号 特開平8-255580

(43) 公開日 平成 8 年(1996) 10 月 1 日

審査請求日 平成 8 年(1996) 12 月 17 日

(31) 優先権主張番号 0 8 / 5 0 7 9 8 5

(32) 優先日 1995 年 7 月 27 日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(31) 優先権主張番号 特願平6-318182

(32) 優先日 平 6 (1994) 12 月 21 日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(73) 特許権者 000236436

浜松ホトニクス株式会社

静岡県浜松市市野町1126番地の 1

(72) 発明者 新垣 実

静岡県浜松市市野町1126番地の 1 浜松

ホトニクス株式会社内

(72) 発明者 廣畑 徹

静岡県浜松市市野町1126番地の 1 浜松

ホトニクス株式会社内

(72) 発明者 鈴木 智子

静岡県浜松市市野町1126番地の 1 浜松

ホトニクス株式会社内

(74) 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外 3 名)

審査官 小島 寛史

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光電陰極および電子管

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入射した光に感応して電子を放出する光電陰極において、

第 1 導電型の半導体基板と、

前記半導体基板上に形成された第 1 導電型の第 1 半導体層と、

前記第 1 半導体層上に形成された第 1 導電型の第 2 半導体層と、

前記第 2 半導体層上に形成された第 2 導電型の第 3 半導体層と、

前記第 3 半導体層上に形成された表面電極と、

前記第 2 半導体層の露出表面に形成され、前記第 2 半導体層の仕事関数を低下させる活性層と、

前記基板に設けられた裏面電極と、を備えることを特徴とする光電陰極。

2

【請求項 2】 前記半導体基板のエネルギーバンドギャップが、前記第 1 半導体層のエネルギーバンドギャップよりも大きく、且つ、前記第 2 半導体層のエネルギーバンドギャップが、前記第 1 半導体層のエネルギーバンドギャップよりも大きいことを特徴とする請求項 1 に記載の光電陰極。

【請求項 3】 前記第 3 半導体層のエネルギーバンドギャップが、前記第 2 半導体層のエネルギーバンドギャップと同じであることを特徴とする請求項 1 に記載の光電陰極。

【請求項 4】 前記第 3 半導体基板のキャリア濃度は、 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  よりも大きいことを特徴とする請求項 1 に記載の光電陰極。【請求項 5】 前記基板は、キャリア濃度  $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  以上の p 型 InP であり、

3

前記第 1 半導体層は、キャリア濃度  $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  以下の p 型 InGaAsP であり、

前記第 2 半導体層は、キャリア濃度  $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  以下の p 型 InP であり、

前記第 3 半導体層は、キャリア濃度  $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  以上の n 型 InP であることを特徴とする請求項 1 に記載の光電陰極。

【請求項 6】 前記活性層は、セシウム、セシウムと酸素の化合物、または、セシウムとふっ素の化合物のいずれかより選択されることを特徴とする請求項 1 に記載の光電陰極。 10

【請求項 7】 前記第 3 半導体層は、格子形状を有していることを特徴とする請求項 1 に記載の光電陰極。

【請求項 8】 前記第 3 半導体層は、渦巻き形状を有していることを特徴とする請求項 1 に記載の光電陰極。

【請求項 9】 前記第 3 半導体層と前記表面電極とは、点接触していることを特徴とする請求項 1 に記載の光電陰極。

【請求項 10】 請求項 1 ないし 9 のいずれか 1 項に記載の光電陰極を備えた電子管。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は光子の入射によって光電子を放出する光電陰極（光電子放出面）およびこれを用いた電子管に関するものである。電子管は、光電陰極を用いて微弱光を検出する装置であり、光電子増倍管（光電管）の他、これの均等物、すなわち、ストリーク管（ストリークカメラ）やイメージ管等は電子管の範疇に含まれる。

【0002】

【従来の技術】 長波長川の光電子放出面は、例えば、米国特許第 3,958,143 号に示される。この光電子放出面では、入射光により発生した光電子は光電子放出面内部に形成された電界によって加速され、より高いエネルギー帯へ遷移させられた後、真空中へ放出させられる。この遷移電子型光電子放出面の概略は図 9 の断面図に示される。半導体基板 1 上には光吸収層 2 および電子放出層 3 が積層されている。さらにこの電子放出層 3 の表面には 50～100 オングストロームの厚さの薄膜ショットキ電極 4 が形成されている。半導体基板 1 の裏面に形成されたオーミック電極 5 とこの薄膜ショットキ電極 4 との間にバイアス電圧が印加される。この電圧印加により、薄膜ショットキ電極 4 の側から光吸収層 2 に向けて空乏層が伸び、光電子放出面内に所定の電界が形成される。この電界により、光入射によって発生した光電子が加速され、真空中へ放出される。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、このような構造をした光電子放出面では薄膜ショットキ電極 4 が 50～100 オングストロームと薄いため、制御性良 50

4

くこの薄いショットキ電極 4 を再現し、製造することは困難であった。このため、所望の特性を備えた光電子放出面を再現性良く得ることは困難であった。一方、光電子放出面の性能は上記の薄膜ショットキ電極 4 の特性に強く影響され、特に光電感度や暗電流はこのショットキ電極の特性によって決定されるといっても過言ではない。

【0004】 このため、このような問題を解決し、ショットキ電極を再現性良く形成するため、米国特許第 5,047,821 号による光電子放出面が、また、特開平 3-29971 号公報による光電子放出面が開示されている。これらの発明ではショットキ電極の形状が所定のパターンに形成されることにより、ショットキ電極を薄膜化する必要がなくなっている。従って、これらの光電子放出面によれば、上記の米国特許第 3,958,143 号に示される光電子放出面に比較し、容易に再現性良くショットキ電極を形成できる。

【0005】 しかし、これらの米国特許第 5,047,821 号および特開平 3-29971 号公報による光電子放出面においても、p 型半導体上にショットキ電極が形成されている点では米国特許第 3,958,143 号による光電子放出面と根本的に変わりはない。つまり、p 型半導体上に形成されたショットキ電極の特性は、ショットキ電極と光電子放出面との界面の状態に非常に敏感で不安定である。このため、上記の米国特許第 5,047,821 号および特開平 3-29971 号公報による光電子放出面においても、やはり再現性良く所望の光電変換特性を得ることは困難であった。特に、このような光電陰極を、入射光を電子放出側に受ける、いわゆる反射型光電面として用いる場合、上記ショットキ電極は入射光を遮るため、光電陰極の光電感度は大幅に低下する。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明はこのような課題を解消するためになされたもので、入射した光に感応して電子を放出する光電陰極において、第 1 導電型の半導体基板と、半導体基板上に形成された第 1 導電型の第 1 半導体層（光吸収層）と、第 1 半導体層上に形成された第 1 導電型の第 2 半導体層（電子放出層）と、第 2 半導体層上に形成された第 2 導電型の第 3 半導体層（コンタクト層）と、第 3 半導体層上に形成された表面電極と、第 2 半導体層の露出表面に形成され、第 2 半導体層の仕事関数を低下させる活性層と、基板に設けられた裏面電極と、を備えることを特徴とする。

【0007】 また、このような光電子放出面を用いて光電子増倍管や、画像増強管およびストリーク管といった光電変換管を構成することを特徴とするものである。

【0008】 オーミック性接触の表面電極および裏面電極に電圧がバイアスされることにより、コンタクト層および電子放出層間の PN 接合に逆バイアスがかかる。従って、この PN 接合部から光電子放出面内に空乏層が延

び、光電子放出面内に光電子を加速するための電界が形成される。

【0009】また、コンタクト層が電子放出層をほぼ均一に分布して露出するパターン形状を有するため、光吸収層で励起された光電子は放出面近傍でその走行を妨げられることなく、効率よく真空中へ放出される。さらに、上面（表面）電極はコンタクト層の微小領域のみに形成されているので、表面電極は入射光を遮ることがなく、したがって、入射光の透過率は低下せず、光電変換効率を大幅に向上させることができる。微小領域の面積は  $3\text{mm}^2$  よりも小さく、上面電極はこの微小点でのみコンタクト層と接している。

【0010】

【発明の実施の形態】図1は本発明の第1の形態による光電子放出面の概略を示す断面図である。また、図10は、この光電陰極を用いた光電子増倍管を示す。

【0011】半導体基板11はIII-V族化合物半導体材料であるInPからなり、その導電型は $p^+$ 型になっている。この半導体基板11上には入射光を吸収して光電子を生成する光吸収層12が形成されている。この光吸収層12は同じくIII-V族化合物半導体材料であるInGaAsPからなり、その導電型は $p^-$ 型になっている。さらに、この光吸収層12上には光電子が放出面に向けて加速される電子放出層13が形成されている。この電子放出層13もIII-V族化合物半導体材料であるInPからなり、その導電型は $p^-$ 型になっている。また、この電子放出層13上には、この電子放出層13とPN接合を形成するコンタクト層14が形成されている。このコンタクト層14もIII-V族化合物半導体材料であるInPからなり、その導電型は $n^+$ 型になっている。

【0012】ここで、各層のキャリア濃度は、 $p^+$ -InPからなる半導体基板11が $10^{18}\text{cm}^{-3}$ 以上、 $p^-$ -InGaAsPからなる光吸収層12が $5 \times 10^{16}\text{cm}^{-3}$ 以下、 $p^-$ -InPからなる電子放出層13が $5 \times 10^{16}\text{cm}^{-3}$ 以下、 $n^+$ -InPからなるコンタクト層14が $10^{18}\text{cm}^{-3}$ 以上であることが望ましい。しかし、各層のキャリア濃度は必ずしもこれに限定されるものではない。

【0013】コンタクト層14上にはこのコンタクト層14にオーミック接触する表面電極15が形成されている。この表面電極15はAuGe/Ni/Au合金からなる。表面電極15およびコンタクト層14は、リソグラフィ技術およびエッチング技術を用いて適当な間隔のメッシュ（格子）パターン形状に同一に加工されている。このメッシュパターンには格子窓が形成され、この各格子窓から電子放出層13の表面が矩形状に露出している。また、このメッシュパターンは電子放出層13の表面に規則的に形成されているため、格子窓は電子放出層13の表面にほぼ均一に分布している。従って、電子

放出層13の矩形状表面は、この格子窓を介してほぼ均一に分布して露出している。また、露出したこの電子放出層13の表面にはCs層16が薄く塗布されている。このCs層16により電子放出層13の露出した表面の仕事関数が低下させられており、光電子が真空中へ放出されやすい構造になっている。また、半導体基板11の裏面にはAuGe/Ni/Au合金からなる裏面電極17が形成されている。この裏面電極17は半導体基板11の裏面にオーミック接触している。

【0014】このような構造において、バッテリー18によって表面電極15と裏面電極17との間に所定のバイアス電圧が印加される。この電圧印加により、コンタクト層14と電子放出層13との間に形成されたpn接合に逆バイアスがかかる。従って、このpn接合部から光電子放出面内に空乏層が延び、電子放出層13と光吸収層12の内部に光電子を加速する方向に電界が形成される。

【0015】図10の光電子増倍管について、さらに詳しく説明する。図10に示す光電子増倍管は、その上に入射した光に感応して電子を放出する光電陰極10を備える。この光電陰極10は、基板11、第1層12、第2層14、第3層14、活性層16、表面電極15および裏面電極17を備える。

【0016】基板11は、キャリア濃度が $1 \times 10^{15}\text{cm}^{-3}$ 以上の $p$ 型InPである。第1半導体層12は、キャリア濃度が $5 \times 10^{16}\text{cm}^{-3}$ 以下の $p$ 型InGaAsPであり、基板11に接触している。第2半導体層13は、キャリア濃度 $5 \times 10^{16}\text{cm}^{-3}$ 以下の $p$ 型InPであり、第1半導体層12に接触している。第3半導体層14は、キャリア濃度が $1 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 以上の $n$ 型InPであり、第2半導体層13に接触している。表面電極15は、複数の開口を有し、第3半導体層14に接触している。活性層16は、第2半導体層13の残りの露出表面に接触しており、第2半導体層13の仕事関数を低下させる。活性層は、Cs、CsO、CsFのいずれか1つから選択される。裏面電極17は開口を有し、基板11の下面に接触している。

【0017】したがって、半導体基板11のエネルギーバンドギャップは、第1半導体層12のエネルギーバンドギャップよりも大きく、且つ、第2半導体層13のエネルギーバンドギャップは、第1半導体層12のエネルギーバンドギャップよりも大きい。

【0018】この光電子増倍管は、密閉容器V1を備える。容器V1は、ガラス管31および面板34を備える。ガラス管31と面板34とは、シール材SE1で接着されており、光は、面板（所定部分）34を通過する。この所定部分の内側には、透明電極TR1が塗布されている。光電陰極は、接着剤AD1で、ガラス管31に固定されており、透明電極TR1と裏面電極17とは接触している。透明電極TR1は、管31の内面をコー

ティングする導電膜 C L 2 に接触しており、導電膜 C L 2、ワイヤ W 1 を介して、ピン P 1 に接続されている。内部導電膜 C L 1 は、集束電極 F E 1 と光電陰極 1 0 との間の空間を囲むように、管 3 1 の内面をコーティングしている。また、この光電子増倍管は、容器 V 1 を貫通する複数のピン P S を有する。ピン P 1 および P 2 を除くそれぞれのピンは、容器 V 1 内に配置された複数のボックスアンドグリッド型ダイノード D 1-D 7、およびアノード A 1 に電気的に接続されている。アノード A 1 は、最終段ダイノード D 7 の近傍に配置されており、こ

【0019】この光電子増倍管を用いるときには、表面電極 1 5 に裏面電極よりも高い電位を与え、また、アノード A 1 には、表面電極 1 5 よりもさらに高い電位を与える。ダイノード D 1-D 7 には、後段になるほど高い電位を与える。

【0020】図 2 はこの時の光電子放出面内のエネルギー状態を示すバンド図である。同図に示すように、このエネルギーバンドは図の左側から半導体基板 1 1、光吸収層 1 2 および電子放出層 1 3 の各領域に対応している。また、同図において、価電子帯の頂上のエネルギー準位は V B、伝導帯の底のエネルギー準位は C B、フェルミ準位は F L および真空準位は V L で示されている。いま入射光  $h\nu$  が光吸収層 1 2 に吸収され、光電子  $-e$  が伝導帯の底へ励起されると、この光電子は上記の電界によって放出表面に向けて加速される。光電子はこの電界加速によってエネルギーを得、電子放出層 1 3 内では伝導帯の「谷」の底からよりエネルギー準位の高い L または X 伝導帯の底へ遷移する。光電子はこのような高いエネルギーを得た状態で電子放出層 1 3 の表面から真空中へ放出される。なお、入射光は半導体基板 1 1 の側から入射しても、また、電子放出層 1 3 の側から入射しても構わない。

【0021】このような本形態による光電子放出面においては、上記のように、オーミック性接触の表面電極 1 5 および裏面電極 1 7 に電圧が印加されることにより、p n 接合部から光電子放出面内に空乏層が伸びて電界が形成される。従って、光電子放出面に電圧を印加するために従来必要とされた不安定なショットキ電極は不要となり、より安定な p n 接合を用いることができる。このため、より再現性よく所望の特性を持つ光電子放出面を得ることが可能となる。また、n 型コンタクト層 1 4 は表面電極 1 5 と同じパターン形状に加工されているため、電子放出層 1 3 内で加速された光電子は放出表面近傍でその走行を妨げられることはなく、効率よく容易に真空中へ放出される。このように本形態によれば、従来問題になった、ショットキ電極と光電子放出面との界面

状態に起因する光電変換特性の不安定性は解消され、安定した光電変換特性が飛躍的に再現性よく得られるようになる。しかも、得られる光電子放出面の光電感度は高い感度が得られるようになる。

【0022】また、上述したコンタクト層 1 4 は表面電極 1 5 と同じ形状にパターンニングされているが、もしも、電子放出層 1 3 の表面に図 3 の断面図に示す均一なコンタクト層 1 4 a が形成されている場合には、上記形態のように高い光電感度は得られない。なお、同図において図 1 と同一部分には同一符号を付してその説明は省略する。図 4 はこの構造の光電子放出面の電極間に所定の電圧をバイアスした時のエネルギーバンド図を示している。コンタクト層 1 4 a が均一に積層されているこのような構造の光電子放出面においては、電子放出層 1 3 で L または X 伝導帯に遷移した光電子は、コンタクト層 1 4 a の領域に形成された伝導帯の谷間に落ちやすい。このため、光  $h\nu$  の入射によって生じた光電子は本形態のように効率よく真空中へ放出されにくくなる。

【0023】なお、上記形態の説明においては、光電子放出面の材料として In P / In Ga As P 化合物半導体を用いた場合について説明したが、本発明はこれに限られるものではない。例えば、米国特許第 3, 958, 143 号に示される Cd Te, Ga Sb, In P, Ga As P, Ga Al As Sb, In Ga As Sb といった材料、またはこれらをいくつか組合わせたヘテロ構造及び Ge / Ga As, Si / Ga P, Ga As / In Ga As 等のヘテロ構造や、特開平 5-234501 号公報に示される Ga As / Al Ga As 多層膜といった半導体多層膜材料等を用いることも可能である。また、表面電極および裏面電極についても上記形態の説明では Au Ge / Ni / Au 合金材料を用いた場合について説明したが、本発明はこれに限られるものではなく、下地となる半導体と電気的に良好なオーミックコンタクトがとれる材料であればよい。これらの材料を用いて光電子放出面を形成しても、上記本形態と同様な効果が奏される。

【0024】また、上記形態の説明においては、表面電極 1 5 およびコンタクト層 1 4 のパターン形状をメッシュ形状として説明したが、これに限られるものではなく、それぞれ電子放出層 1 3 の表面がほぼ均一に分布して露出するパターン形状であればよい。例えば、ストライプ形状またはスパイラル形状であってもよい。ストライプ形状の場合には電子放出層 1 3 の表面が短冊状にほぼ均一に分布して露出し、スパイラル形状の場合には電子放出層 1 3 の表面が渦を巻く螺旋状にほぼ均一に分布して露出する。

【0025】次に、本発明による光電子放出面を備えて構成される光電変換管について説明する。

【0026】図 5 は本発明の第 2 の形態による光電変換管の模式的な断面図である。この第 2 形態では、上記の第 1 形態による光電子放出面 1 0 がサイドオン型光電子

10

20

30

40

50

増倍管の光電面に用いられている。つまり、光電子増倍管のバルブ 2 1 内は真空状態に保たれており、入射光  $h\nu$  によって光吸収層で励起された光電子は内部電界によって加速された後、光電子放出面 1 0 の表面から真空中へ放出される。

【0 0 2 7】放出された光電子は第 1 ダイノード 2 2 a に入射し、この第 1 ダイノード 2 2 a で 2 次電子が生成される。この 2 次電子群は再び真空中に放出されて第 2 ダイノード 2 2 b に入射し、さらに 2 次電子群を増やす。以後、同様にして各段のダイノード 2 2 c、2 2 d …において次々と光電子は 2 次電子増倍されていく。この光電子は最終的に  $10^6$  倍程度にまで増倍されて陽極 2 3 に到達し、検出電気信号として外部に取り出される。

【0 0 2 8】このように本発明による光電子放出面を光電子増倍管に適用することにより、次の効果が得られる。つまり、従来の光電子放出面を光電子増倍管の光電面に用いた場合には、光電子放出面内に電界を形成するための表面電極にショットキ電極が必要とされた。このため、光電子増倍管製造時におけるバルブ内の脱ガスやベーキング処理時の加熱温度の上限は  $250^{\circ}\text{C}$  に制限されていた。しかし、本発明による光電子放出面の電極にはオーミック電極が採用されているため、かかる温度の上限は  $350^{\circ}\text{C}$  にまで緩和される。このため、本発明による光電子放出面を採用することにより、バルブ内の脱ガスやベーキングは従来よりも高い温度で処理することが可能となる。よって、光電子増倍管のバルブ内はより清浄化されるため、光電子放出面自体の光電感度の向上とあまって光電子増倍管の光電感度はさらに向上する。実際に上記本形態による光電子増倍管の光電感度を従来のものと比較した結果、光電感度は従来のものよりも約 3 倍増加した。

【0 0 2 9】図 6 は本発明の第 3 の形態による光電変換管の模式的な断面図である。この第 3 形態では、前記の第 1 形態による光電子放出面 1 0 がヘッドオン型光電子増倍管の光電面に用いられている。つまり、光電子増倍管のバルブ 3 1 内は真空状態に保たれており、光  $h\nu$  は入力面 3 4 を介して光電子放出面 1 0 の半導体基板側から入射し、励起された光電子は電子放出層側から真空中へ放出される。放出された光電子は上記のサイドオン型光電子増倍管と同様に第 1 ダイノード 3 2 a に入射し、2 次電子が生成される。この 2 次電子群は再び真空中に放出されて第 2 ダイノード 3 2 b に入射し、さらに 2 次電子群を増やす。以後、同様にして各段のダイノード 3 2 c、3 2 d …において次々と光電子は 2 次電子増倍され、陽極 3 3 に到達して電気信号として検出される。

【0 0 3 0】このような第 3 形態による光電子増倍管においても上記の第 2 形態による光電子増倍管と同様な効果が奏され、光電子増倍管のバルブ内がより清浄化されて光電子増倍管の光電感度は向上する。

【0 0 3 1】なお、サイドオン型光電子増倍管の場合はいわゆる反射型光電子放出面が用いられ、ヘッドオン型光電子増倍管の場合はいわゆる透過型光電子放出面が用いられるのが一般的であるが、必ずしもこれに限られる訳ではない。

【0 0 3 2】図 7 は本発明の第 4 の形態による光電変換管の模式的な断面図である。この第 4 形態では、前記の第 1 形態による光電子放出面 1 0 が画像増強管の光電面に用いられている。つまり、入力光は入力面 4 1 を介して光電子放出面 1 0 の半導体基板側から入射し、励起された光電子は電子放出層側から真空中へ放出される。放出された光電子は、上記各形態の場合と異なり、ダイノードではなくてマイクロチャネルプレート (MCP) 4 2 によって 2 次電子増倍される。2 次電子増倍された光電子は蛍光体 4 3 において発光する。この発光出力は出力面 4 4 を介して検出されるが、この像は MCP 4 2 によって増強されたものとなっている。このような画像増強管では 2 次元の位置情報が得られるが、本質的には上述した光電子増倍管の場合と同様な原理に基づいて動作している。

【0 0 3 3】本形態においても、上記第 2 および第 3 の各形態と同様な効果が奏される。つまり、光電子放出面 1 0 の表面電極はオーミック電極であるため、高い温度で脱ガス、ベーキングの処理が行え、画像増強管の内部はより清浄化される。このため、光電子放出面 1 0 から効率よく光電子が放出されると共に、入力像は汚染物質の影響を受けることなく 2 次電子増倍される。よって、この画像増強管によって得られる増強画像は、入力像に対応して正確にかつ鮮明に得られるようになる。

【0 0 3 4】図 8 は本発明の第 5 の形態による光電変換管の模式的な断面図である。この第 5 形態では、前記の第 1 形態による光電子放出面 1 0 がストリーク管の光電面に用いられている。つまり、光電子放出面 1 0 から放出された光電子は加速電極 5 1 によって加速され、集束電極 5 2 によって集束された後、アノード電極 5 3 においてさらに加速される。このように加速された光電子は、偏向板電極 5 4 によって形成される偏向場を通過した後、位置補正電極 5 5、ウォールアノード 5 6 およびコーン電極 5 7 によって MCP 入力 5 8 に導かれ、MCP 5 9 に入射する。MCP 5 9 に入射した光電子は電子増倍され、MCP 出力 6 0 を介して蛍光体 6 1 上に出力される。この結果、蛍光体 6 1 上にストリーク像が結像される。偏向電極 5 4 には偏向場に入射する電子と同期した高速、高電圧の掃引電圧が印加されているため、電子が光電子放出面 1 0 から放出された時間によってその偏向角、つまり蛍光体 6 1 上の位置が決定される。従って、入射光の時間  $t$  が蛍光体 6 1 上の縦軸  $y$  に変換され、また、そのストリーク像の強度は入射光強度に比例したものになる。

【0 0 3 5】このような第 5 形態によるストリーク管に

においても上記の各形態による光電変換管と同様な効果が奏され、ストリーク管のバルブ内がより清浄化されてストリーク管の光電感度は向上する。

【0036】なお、本発明の光電陰極は、上記に態様に限定されるものではない。すなわち、図11に示すように、複数の直線電極15をストライプ形状に配置してもよい。この光電陰極を光電子増倍管に適用する場合、電気的に分離したそれぞれの電極15ごとに、ワイヤW2～W5を接続し、それぞれのワイヤW2～W5を図12に示す光電子増倍管の導電膜CL1に接続してもよい。

【0037】さらに、上記実施例では、表面電極は、第3半導体層（コンタクト層）14の全面に設けることとしたが、これは、図13に示すように、第3半導体層14の一部に設けることとしてもよい。すなわち、格子形状の第3半導体層14と、表面電極15とは、微小点のみで接触していてもよい。図14は、図13の光電陰極の斜視図である。図14に示すように、表面電極15は、光電子増倍管のピン1に電気的に接続され、裏面電極17は、ピン2に電気的に接続される。入射光hνを光電子放出面側から受光する、いわゆる反射型光電子放出面に図1の形状の表面電極15を有する光電陰極を適用する場合、入射光の大部分は電極15で吸収され、光吸収層12に到達する入射光量は不十分である。しかしながら、図14に示すように、表面電極15はコンタクト層14の微小領域のみに形成されているので、入射光の透過率を低下させることがなく、光電変換効率を大幅に向上する。

【0038】また、第3半導体層14の形状は、図15に示すように、スパイラル形状であってもよい。さらに、第3電極14の形状は、図16に示すように、同心状に配置された方形を相互に接続した形状であってもよい。

【0039】さらに、第3半導体層14の形状は、図17に示すように、基幹および基幹から延びた複数の分岐からなる層の形状、所謂、魚の骨の形状であってもよい。なお、上記光電陰極10は、上述の全ての電子管に適用することができる。

【0040】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、オーミック性接触の表面電極および裏面電極に電圧がバイアスされることにより、コンタクト層および電子放出層間のPN接合に逆バイアスがかかる。従って、このPN接合部から光電子放出面内に空乏層が伸び、光電子放出面内に光電子を加速するための電界が形成される。従って、光電子放出面に電圧を印加するために従来必要とされたショットキ電極は不要となる。このため、このショットキ電極と光電子放出面との界面状態によって光電変換特性が不安定になるという従来の問題は解消される。

【0041】また、コンタクト層および表面電極が電子放出層をほぼ均一に分布して露出するパターン形状を有

するため、光吸収層で励起された光電子は放出面近傍でその走行を妨げられることなく、効率よく真空中へ放出される。このため、高い光電感度の光電子放出面が得られる。特に、表面電極がコンタクト層の微小領域に形成されている場合には、表面電極は入射光を遮ることがないので、入射光の透過率が低下せず、光電変換効率を大幅に向上させることができる。

【0042】よって、このような本発明によれば、光電変換特性の安定性および再現性と高い光電感度とが両立させられる。

【0043】また、このような本発明による光電子放出面を光電変換管の光電面に適用することにより、光電変換管の製造時に管内部をより清浄化することが可能となり、高い光電感度を持つ光電変換管を実現することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の形態による光電子放出面の断面図である。

【図2】第1の形態による光電子放出面に電圧がバイアスされた時のエネルギーバンド図である。

【図3】第1の形態による光電子放出面の有効性を確認するためにこれと比較される他の光電子放出面の断面図である。

【図4】図3に示された光電子放出面に電圧がバイアスされた時のエネルギーバンド図である。

【図5】第1の形態による光電子放出面がサイドオン型光電子増倍管の光電面に適用された本発明の第2の形態による光電変換管の断面図である。

【図6】第1の形態による光電子放出面がヘッドオン型光電子増倍管の光電面に適用された本発明の第3の形態による光電変換管の断面図である。

【図7】第1の形態による光電子放出面が画像増強管の光電面に適用された本発明の第4の形態による光電変換管の断面図である。

【図8】第1の形態による光電子放出面がストリーク管の光電面に適用された本発明の第5の形態による光電変換管の断面図である。

【図9】光電子放出面の断面図である。

【図10】本発明の第1形態に係る光電陰極を備えた光電子増倍管の断面図である。

【図11】第6の形態による光電陰極の断面図である。

【図12】本発明の第6形態に係る光電陰極を備えた光電子増倍管の断面図である。

【図13】第7の形態による光電陰極の断面図である。

【図14】第7の形態による光電陰極の斜視図である。

【図15】第8の形態による光電陰極の斜視図である。

【図16】第9の形態による光電陰極の斜視図である。

【図17】第10の形態による光電陰極の斜視図である。

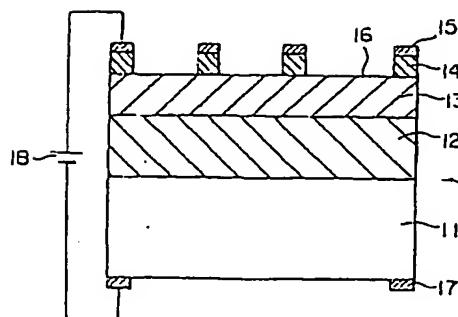
【符号の説明】



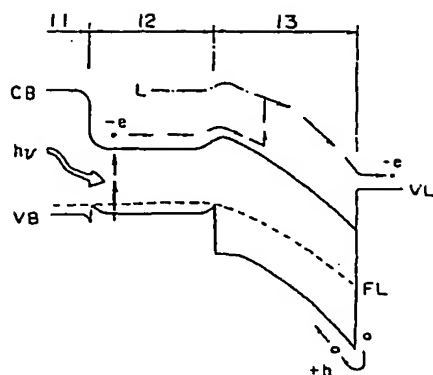
11…半導体基板、12…光吸収層、13…電子放出層、14…コンタクト層、15…表面電極、16…Cs層、17…裏面電極、18…バッテリー。

層、17…裏面電極、18…バッテリー。

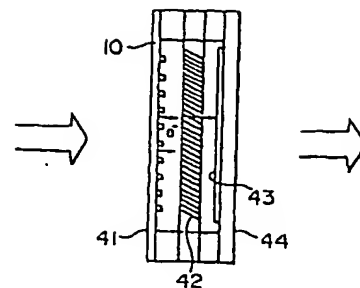
【図1】



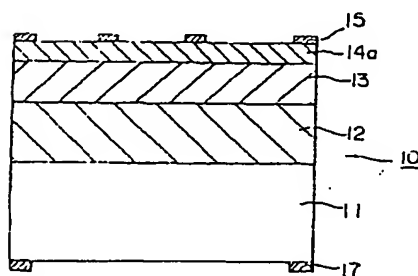
【図2】



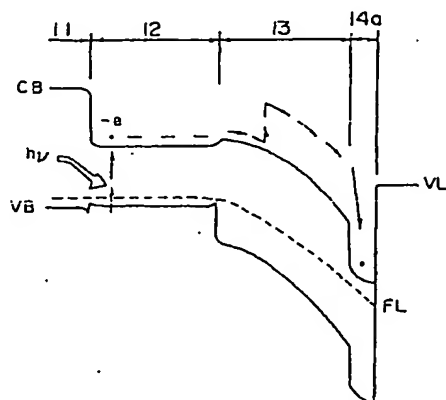
【図7】



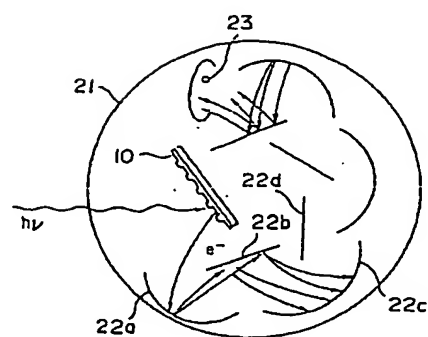
【図3】



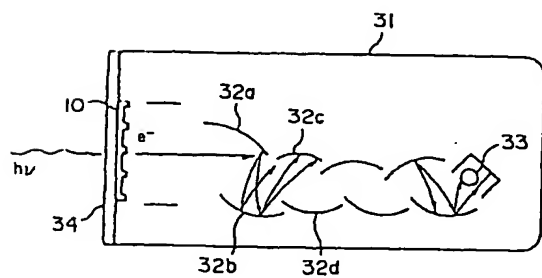
【図4】



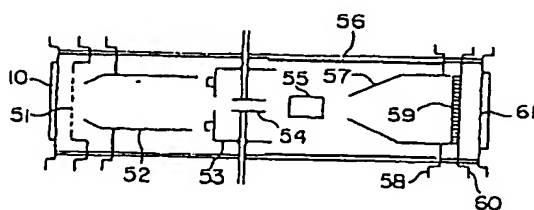
【図5】



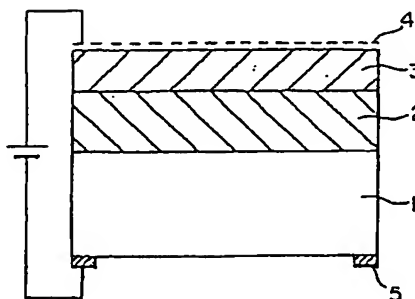
【図6】



【図8】

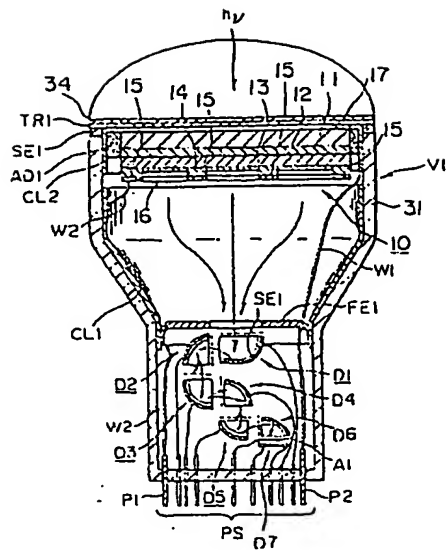


【図9】

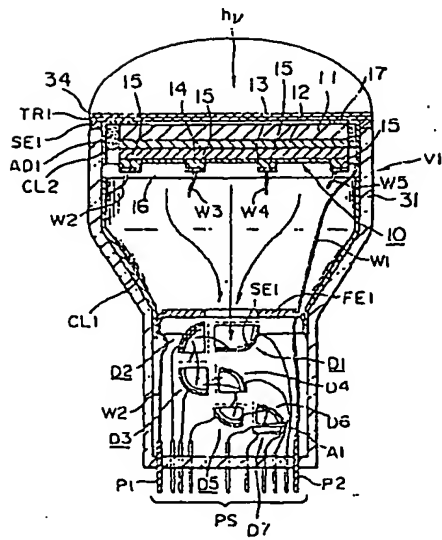




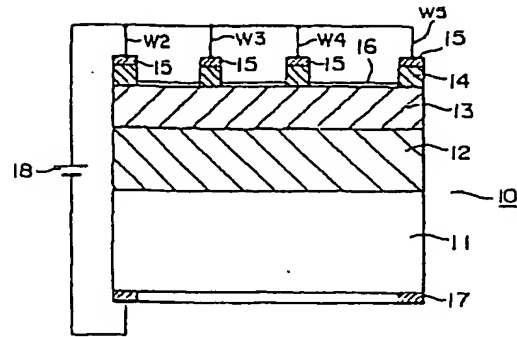
【図 10】



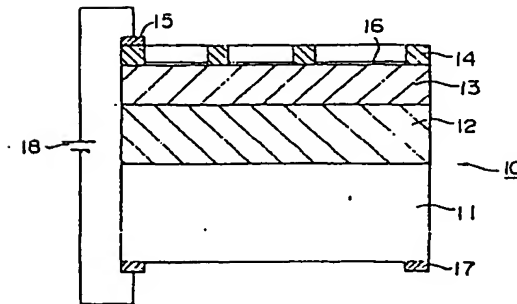
【図 12】



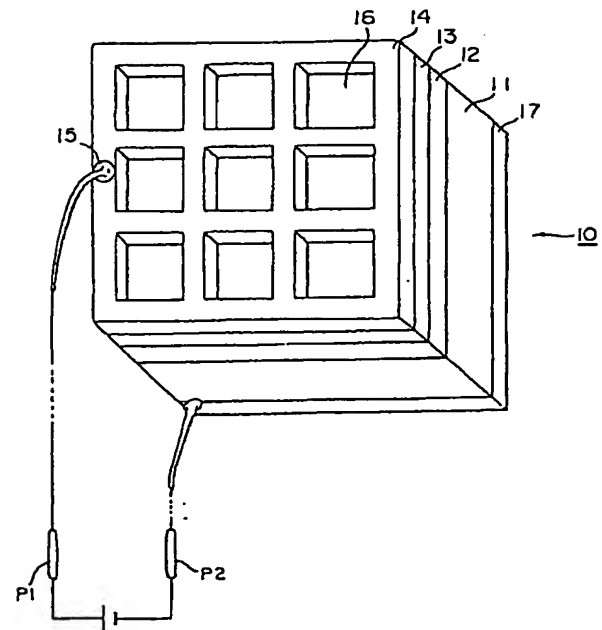
【図 11】



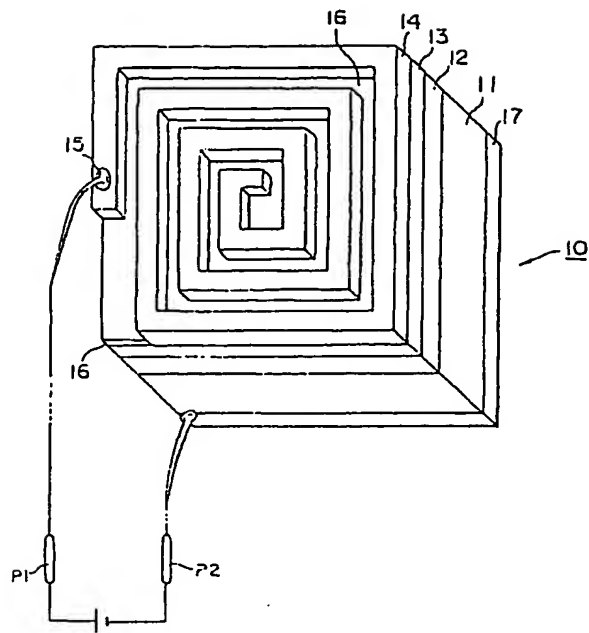
【図 13】



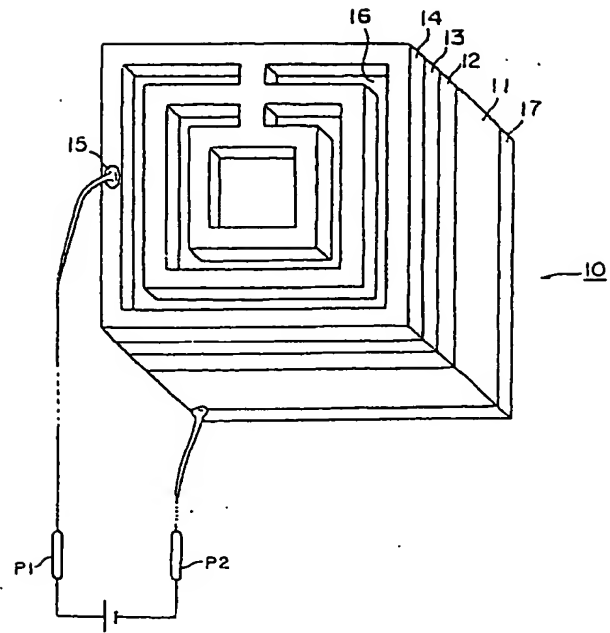
【図 14】



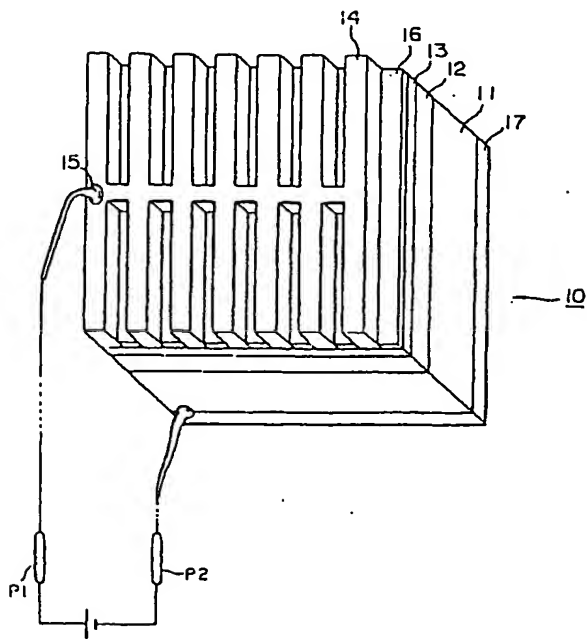
【図 15】



【図 16】



【図 17】



フロントページの続き

(72)発明者 山田 正美  
静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松  
ホトニクス株式会社内

(58)調査した分野(Int. Cl. <sup>6</sup>, D B 名)  
H01J 1/34